

**BLANK FOR HALFTONE TYPE PHASE SHIFT MASK, HALFTONE TYPE PHASE SHIFT MASK AND PRODUCTION METHOD THEREFOR**

Patent Number: JP2001066756  
Publication date: 2001-03-16  
Inventor(s): KANAYAMA KOICHIRO;; MATSUO TADASHI;; FUKUHARA NOBUHIKO;; HARAGUCHI TAKASHI;; YAMAZAKI TSUKASA  
Applicant(s): TOPPAN PRINTING CO LTD  
Requested Patent: ☐ JP2001066756  
Application Number: JP20000160437 20000530  
Priority Number (s):  
IPC Classification: G03F1/08; H01L21/027  
EC Classification:  
Equivalents:

---

**Abstract**

---

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve resolving power and phase-contrast accuracy of a pattern.  
**SOLUTION:** A thin film (lower layer film) 2, which is easily dry-etched with a chlorine-containing gas and is hard to be dry-etched with a fluorine-containing gas, is formed on a transparent glass substrate 1 and a thin film (upper-layer film) 3 which is hard to be dry-etched with the chlorine-containing gas and is easily dry-etched with the fluorine-containing gas is formed on the thin film (lower-layer film) 2 to produce an object blank 10 for a halftone type phase shift mark. The thin film (upper-layer film) 3 is dry-etched with the fluorine-containing gas to form a thin-film (upper-layer film) pattern 3a and then the thin film (lower-layer film) 2 is dry-etched with the chlorine-containing gas to form a thin film (lower-layer film) pattern 2a. The object halftone type phase shift mask 20 is thus obtained.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-66756

(P2001-66756A)

(43) 公開日 平成13年3月16日 (2001.3.16)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	サーチコード <sup>*</sup> (参考)
G 0 3 F 1/08		G 0 3 F 1/08	A 2 H 0 9 5
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 0 2 P

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2000-160437 (P2000-160437)

(22) 出願日 平成12年5月30日 (2000.5.30)

(31) 優先権主張番号 特願平11-176601

(32) 優先日 平成11年6月23日 (1999.6.23)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000003193

凸版印刷株式会社

東京都台東区台東1丁目5番1号

(72) 発明者 金山 浩一郎

東京都台東区台東1丁目5番1号 凸版印刷株式会社内

(72) 発明者 松尾 正

東京都台東区台東1丁目5番1号 凸版印刷株式会社内

(72) 発明者 福原 信彦

東京都台東区台東1丁目5番1号 凸版印刷株式会社内

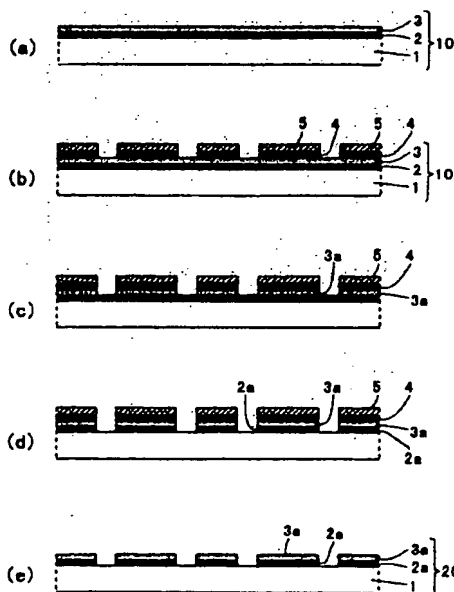
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ハーフトーン型位相シフトマスク用ブランク及びハーフトーン型位相シフトマスク並びにその製造方法

## (57) 【要約】

【課題】 パターンの解像力及び位相差精度を向上できるハーフトーン型位相シフトマスク用ブランク及びハーフトーン型位相シフトマスク並びにハーフトーン型位相シフトマスクの製造方法を提供することを目的とする。

【解決手段】 透明なガラス基板1上に、まず塩素系のガスでドライエッチングされ易く、フッ素系のガスでドライエッチングされ難い薄膜（下層膜）2を形成し、さらにこの薄膜（下層膜）2上に、塩素系のガスでドライエッチングされ難く、フッ素系のガスでドライエッチングされ易い薄膜（上層膜）3を形成してハーフトーン型位相シフトマスク用ブランク10を作製し、薄膜（上層膜）3をフッ素系のガスでドライエッチングして薄膜（上層膜）パターン3aを、さらに薄膜（下層膜）2を塩素系のガスでドライエッチングして薄膜（下層膜）パターン2aを形成して本発明のハーフトーン型位相シフトマスク20を得る。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ガラス基板上に位相シフト効果を有する位相シフト層が設けられたハーフトーン型位相シフトマスク用ブランクにおいて、前記ガラス基板上に塩素系のガスでドライエッチングされ易く、フッ素系のガスでドライエッチングされ難い薄膜（下層膜）を形成し、さらに前記薄膜（下層膜）上に同じく塩素系のガスでドライエッチングされ難く、フッ素系のガスでドライエッチングされ易い薄膜（上層膜）を形成したことを特徴とするハーフトーン型位相シフトマスク用ブランク。

【請求項2】 請求項1に記載のハーフトーン型位相シフトマスク用ブランクにおいて、前記薄膜（上層膜）の前記薄膜（下層膜）に対するフッ素系ガスによるドライエッチング選択比が3より大きく、且つ前記薄膜（下層膜）の前記ガラス基板にたいする塩素系ガスによるドライエッチング選択比が5より大きいことを特徴とするハーフトーン型位相シフトマスク用ブランク。

【請求項3】 請求項1又は2に記載のハーフトーン型位相シフトマスク用ブランクにおいて、前記薄膜（上層膜）及び前記薄膜（下層膜）のうちいずれか一方の薄膜が、ジルコニウム化合物薄膜で形成されていることを特徴とするハーフトーン型位相シフトマスク用ブランク。

【請求項4】 請求項1乃至3のいずれか1項に記載のハーフトーン型位相シフトマスク用ブランクを用いて作製したことを特徴とするハーフトーン型位相シフトマスク。

【請求項5】 請求項1乃至3のいずれか1項に記載のハーフトーン型位相シフトマスク用ブランクを用いて、前記薄膜（上層膜）はフッ素系のガスによるドライエッチングを、前記薄膜（下層膜）は塩素系のガスにてドライエッチングを行うことでパターンニングを行うようにしたことを特徴とする請求項4に記載のハーフトーン型位相シフトマスクの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、LSI製造に用いるハーフトーン型位相シフトマスクに関するものである。さらに詳しくは、パターンの解像力及び位相差精度を向上させることができるハーフトーン型位相シフトマスク用ブランク及びそれを用いたハーフトーン型位相シフトマスク並びにハーフトーン型位相シフトマスクの製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来のフォトマスクでは、微細なパターンの投影露光に際し、近接したパターンにおいては、フォトマスクの光透過部を通過した光が回折し、干渉し合うことによって、パターン境界部での光強度を強め合い、ウエハー上のレジストが感光して、転写されたパターンが分離解像しないという問題が生じていた。この現象は線幅が露光波長に近い微細なパターンほどその傾向

が強く、従来のフォトマスクと従来の露光光学系においては光源の波長以下の微細なパターンを解像することは不可能であった。

【0003】 そこでフォトマスクの隣接するパターンを透過する投影光の位相を互いに180度の位相差をもたせることにより微細パターンの解像力を向上させるといふ、位相シフト技術が開発された。すなわち、隣接する光透過部の片側に位相シフト部を設けることにより、透過光が回折し干渉し合う際、位相が反転しているために境界部の光強度を弱め合い、その結果転写パターンは分離解像するようになる。この関係は焦点の前後でも成り立っているため、焦点が多少ずれていても解像度は従来の露光法よりも向上し、焦点裕度が改善される。この時シフターの厚さ $d$ はパターン転写に用いる光の波長を $\lambda$ 、シフター材料の屈折率を $n$ とすれば $d = \lambda / (2(n - 1))$ で表わせるように設定すればよい。

【0004】 上記のような位相シフト法はIBMのLevensonらによって提唱され、特開昭58-173744号公報や、原理では特公昭62-50811号公報に記載されている。パターンを遮光層で形成する場合は、遮光パターンに隣接する開口部の片側に位相シフト部を設けて位相反転させる（Levenson型位相シフトマスク、またはAlternative type位相シフトマスク）。一方、遮光膜にわずかな透過性を与えた半透明遮光膜によって透過光の位相を反転する場合にも、同様な解像度向上効果が得られ、この場合は特に孤立パターンの解像度向上に有効である。このような半透明遮光膜（ハーフトーン膜）をもつ位相シフトマスクを一般にハーフトーン型位相シフトマスク（またはAttenuated type位相シフトマスク）と称する。

【0005】 ハーフトーン型位相シフトマスクは、透過率調整層と位相シフト層を別々に積層してマスクブランクとした後マスクパターンを形成する2層型ハーフトーンマスクと、位相シフト効果も持たせた半透明遮光膜をパターンニングして作製される単層型ハーフトーンマスクの2種類が今までに提案されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、2層膜においても単層型においてもハーフトーン型位相シフトマスクでは、マスク面内の各点で深さ方向にエッチングを均一に行うことが重要な課題になる。すなわち、位相シフト層のエッチング量の停止のタイミングが早すぎる場合には所望の位相差、もしくは透過率を得ることができず、また位相シフト層のエッチング完了後もエッチングが継続された場合には基板であるガラスがエッチングされてしまい位相差は180度よりも大きくなる。そのためウエハー転写時の解像性が落ちて、正確な転写性が得られなくなってしまう。

【0007】 特に、これまで一般的なハーフトーン材料であるMoSi等のドライエッチングにおいてはC

10

20

30

40

50

F<sub>4</sub>、SF<sub>6</sub>、C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>、CHF<sub>3</sub>等のフッ素系ガス及びその混合ガスによるRIE (Reactive Ion Etching) が一般的であったが、この場合、ガラス基板のエッチング速度は大きく、マスク面内の位相差制御は容易ではないという問題がある。

【0008】一方でこれら課題の解決策の1つとして、位相シフト層のエッチングを自動的に停止するためにエッチングストッパーを用い、位相シフト層の終点でエッチングを停止させる方法がある。しかしながら、エッチングストッパーを用いる場合はエッチングストッパー層の成膜工程による欠陥の増加を避けられない。また、i線(波長: 365nm)露光で用いられているSnO<sub>2</sub>やITOといったエッチングストッパーも、露光光源がKrFエキシマレーザ(波長: 248nm)やArFエキシマレーザ(波長: 193nm)等のDeep UV領域になると透過率減衰率が大きく、透過率の面内バラツキの原因になると同時に、露光時のスループット低下を招くといったことも指摘されている。

【0009】本発明は以上のような問題点に鑑みなされたもので、パターンの解像力及び位相差精度を向上できるハーフトーン型位相シフトマスク用ブランク及びハーフトーン型位相シフトマスク並びにハーフトーン型位相シフトマスクの製造方法を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明では上記課題を解決するために、まず請求項1では、ガラス基板上に位相シフト効果を有する位相シフト層が設けられたハーフトーン型位相シフトマスク用ブランクにおいて、前記ガラス基板上に塩素系のガスでドライエッチングされ易く、フッ素系のガスでドライエッチングされにくい薄膜(下層膜)を形成し、さらに前記薄膜(下層膜)上に同じく塩素系のガスでドライエッチングされ難く、フッ素系のガスでドライエッチングされ易い薄膜(上層膜)を形成したことを特徴とするハーフトーン型位相シフトマスク用ブランクとしたものである。

【0011】また、請求項2では、前記薄膜(上層膜)の前記薄膜(下層膜)に対するフッ素系ガスによるドライエッチング選択比が3より大きく、且つ前記薄膜(下層膜)の前記ガラス基板に対する塩素系ガスによるドライエッチング選択比が5より大きいことを特徴とする請求項1に記載のハーフトーン型位相シフトマスク用ブランクとしたものである。

【0012】また、請求項3では、前記薄膜(上層膜) \*

$$PSR = 360 \times (nq - 1) \times A \times R2 / (\lambda \times S2) \dots \dots (1)$$

$$A = da - \{ da - dt (1 - 1/R1) \times R1 / S1 \} / R2$$

dtとda及びnqはそれぞれ薄膜(上層膜)3の膜厚、薄膜(下層膜)2の膜厚、ガラス基板1の屈折率である。また、R1は薄膜(上層膜)3の、R2は薄膜(下層膜)2の各エッチングにおける面内エッチング速度の最大値(E<sub>max</sub>)及び最小値(E<sub>min</sub>)の比で

\*及び前記薄膜(下層膜)のうちいずれか一方の薄膜が、ジルコニウム化合物薄膜で形成されていることを特徴とする請求項1又は2に記載のハーフトーン型位相シフトマスク用ブランクとしたものである。

【0013】また、請求項4では、請求項1乃至3のいずれか1項に記載のハーフトーン型位相シフトマスク用ブランクを用いて作製したことを特徴とするハーフトーン型位相シフトマスクとしたものである。

【0014】さらにまた、請求項5では、請求項1乃至3のいずれか1項に記載のハーフトーン型位相シフトマスク用ブランクを用いて、前記薄膜(上層膜)はフッ素系のガスによるドライエッチングを、前記薄膜(下層膜)は塩素系のガスにてドライエッチングを行うことでパターンニングを行うようにしたことを特徴とする請求項4記載のハーフトーン型位相シフトマスクの製造方法としたものである。

【0015】

【発明の実施の形態】以下本発明の実施の形態につき説明する。図1に、本発明のハーフトーン型位相シフトマスク用ブランクの一実施例を示す構成模式断面図を、図2に、本発明のハーフトーン型位相シフトマスク用ブランクを用いて作製したハーフトーン型位相シフトマスクの一実施例を示す構成模式断面図をそれぞれ示す。

【0016】本発明のハーフトーン型位相シフトマスク用ブランク10は透明なガラス基板1上に、まず塩素系のガスでドライエッチングされ易く、フッ素系のガスでドライエッチングされ難い薄膜(下層膜)2を形成し、さらにこの薄膜(下層膜)2上に、塩素系のガスでドライエッチングされ難く、フッ素系のガスでドライエッチングされ易い薄膜(上層膜)3を設けたものである(図1参照)。本発明のハーフトーン型位相シフトマスク20はハーフトーン型位相シフトマスク用ブランク10をパターンニング処理して作製されたもので、まず薄膜(上層膜)3をフッ素系のガスでドライエッチングして薄膜(上層膜)パターン3aを形成し、さらに薄膜(下層膜)2を塩素系のガスでドライエッチングして薄膜(下層膜)パターン2aを形成したものである(図2参照)。

【0017】ここで薄膜(上層膜)3の薄膜(下層膜)2に対する選択比をS1、薄膜(下層膜)2のガラス基板1に対する選択比をS2とすると波長λの光でみた場合の位相差面内レンジ(PSR)は次式(1)で与えられる。説明図を図6(a)及び(b)に示す。

あり、まずR1においては薄膜(上層膜)3のエッチングにおいて規定の薄膜(上層膜)膜厚dtAのエッチング量が得られた部分のエッチング速度を最小値(E<sub>min</sub>)とし、最もエッチングが進んだ部分のエッチング速度(E<sub>max</sub>)との比をとったもの、すなわちR1

$=E_{\max 1}/E_{\min 1}$ である。同様にR2は、薄膜（下層膜）2のエッチングにおいて規定の薄膜（下層膜）膜厚daÅのエッチング量が得られた部分のエッチング速度を最小値（ $E_{\min 2}$ ）とし、最もエッチングが進んだ部分のエッチング速度（ $E_{\max 2}$ ）との比をとったもの、すなわち $R2=E_{\max 2}/E_{\min 2}$ である。R1、R2は主にエッチング装置に依存するファクターである為、(1)式よりS1及びS2が大きくなるようなエッチングプロセスの選択をすること、並びにブランクの構造にすることが、PSR低減に必要となる。

【0018】図7に $\lambda=1930\text{\AA}$ 、 $R1=1.1$ 、 $R2=1.2$ 、 $dt=720\text{\AA}$ 、 $da=265\text{\AA}$ 、 $nq=1.56$ において行った、PSRのS1、S2依存性に関する計算結果を示す。ここで用いたdt、daの値は $\lambda=1930\text{\AA}$ にて透過率8%を、また(dt+da)Åのエッチング深さは非エッチング部との位相差 $180^\circ$ を与える。R1、R2はそれぞれ、後の実施例2にて示す薄膜（上層膜）3、薄膜（下層膜）2のエッチング条件におけるおおよその値であり、これは主に装

置の構造に依存し、エッチングプロセス、すなわちエッチングガス種やガス圧、あるいはエッチング材料によって大きく変わるものではない。

【0019】図7より、S1が3以上、S2が5以上の領域にてほぼ $1^\circ$ 以下のPSR値が得られることがわかる。よって、薄膜（上層膜）3及び薄膜（下層膜）2は各々透過率調整層、位相シフト層のいずれか一方の役割を主として担うが、そのうち薄膜（上層膜）3のドライエッチングについてはフッ素系ガスによるドライエッチングにおいて薄膜（下層膜）2に対する選択比を3以上とし、薄膜（下層膜）2のドライエッチングについては塩素系ガスによるドライエッチングにおいてガラス基板1に対する選択比を5以上とすることが好ましい。このように、エッチングガス種を薄膜（上層膜）3及び薄膜（下層膜）2各々の層で使い分けるのは、ガラス基板1のエッチング速度はフッ素系ガスよりも塩素系ガスに対して小さいからである。尚、以下では薄膜（下層膜）2を透過率調整層（遮光性膜）、薄膜（上層膜）3を位相シフト層（透明性膜）として適用した場合について述べる。

【0020】図3(a)～(e)は、本発明のハーフトーン型位相シフトマスク用ブランク10を用いてハーフトーン型位相シフトマスク20を作製するための製造工程を工程順に示す構成模式断面図である。まず、ハーフトーン型位相シフトマスク用ブランク10（図3(a)参照）の薄膜（上層膜）3上にクロム薄膜を所定厚さに成膜し、さらにクロム薄膜上に感光層を形成し、パターンニング処理してレジストパターン5及びクロムパターン4を形成する（図3(b)参照）。

【0021】次に、レジストパターン5及びクロムパ

ターン4をマスクにして、薄膜（上層膜）3をフッ素系のガスにてドライエッチングして薄膜（上層膜）パターン3aを形成する（図3(c)参照）。さらに、薄膜（下層膜）2を塩素系ガスにてドライエッチングして薄膜（下層膜）パターン2aを形成する（図3(d)参照）。ここで、薄膜（上層膜）3は塩素系ガスよりもフッ素系ガスに対するエッチング速度が大きい膜なので、これをフッ素系のガスを用いてエッチングすることで、薄膜（上層膜）3の薄膜（下層膜）2に対する選択比が上昇し、薄膜（下層膜）2が一種のエッチング緩和層の役割を果たすので、位相差に寄与する薄膜（上層膜）3のエッチング面内バラツキを抑制する効果が高まる。さらに、ガラス基板1上に形成した薄膜（下層膜）2はフッ素系ガスよりも塩素系ガスに対するエッチング速度の大きい膜であるので、塩素系ガスを用いてエッチングすれば、ガラス基板1のエッチング速度はフッ素系ガスよりも塩素系ガスに対して小さいことから、薄膜（下層膜）2のガラス基板1に対する選択比が上昇し、位相差の精度を向上させることができる。

【0022】次に、レジストパターン5及びクロムパターン4を剥離、除去して本発明のハーフトーン型位相シフトマスク20を作製する（図3(e)参照）。

【0023】

【実施例】以下、実施例により本発明を詳細に説明する。

<実施例1>まず、透明な石英ガラスからなるガラス基板1上にキャリアガスとしてアルゴンガスを用いた酸素を含む反応性ガス雰囲気中にて、ジリコニウムシリコン化合物ターゲットを用いたスパッタリングにて、まず200Å厚の薄膜（下層膜）2を成膜し、続けて800Å厚の薄膜（上層膜）3を成膜して、本発明のハーフトーン型位相シフトマスク用ブランク10を作製した。ここで、薄膜（下層膜）2及び薄膜（上層膜）3はスパッター成膜時の酸素流量を制御することにより得られ、総流量30SCCMに対し、酸素流量1SCCMにて薄膜（下層膜）2を、酸素流量6SCCMにて薄膜（上層膜）3を形成した。

【0024】次に、ハーフトーン型位相シフトマスク用ブランク10の薄膜（上層膜）3上に1000Å厚のクロム薄膜を形成し、さらに、その上に3000Å厚の感光層を形成した後パターンニング処理してレジストパターン5及びクロムパターン4を形成した。

【0025】次に、レジストパターン5及びクロムパターン4をマスクにして、まずフッ素系ガスにて薄膜（上層膜）3をドライエッチングして薄膜（上層膜）パターン3aを、さらに塩素系ガスにて薄膜（下層膜）2をドライエッチングして薄膜（下層膜）パターン2aを形成し、レジストパターン5及びクロムパターン4を剥離、除去して本発明のハーフトーン型位相シフトマスク20を作製した。

【0026】薄膜(上層膜)3のドライエッチングは、RIE方式にて行い、エッチング条件は下記の通りである。

エッチングガス： $\text{CF}_4$ と $\text{CHF}_3$ の混合ガス( $\text{CHF}_3$ 濃度75%)

圧力：2Pa

印加電力：200W

図4に、エッチングガスとして $\text{CF}_4$ と $\text{CHF}_3$ の混合ガスを用い、圧力：2Pa、印加電力：200Wの条件にてドライエッチングした時の $\text{CF}_4$ と $\text{CHF}_3$ のガス混合比と、薄膜(上層膜)3のエッチング速度及び薄膜(上層膜)3の薄膜(下層膜)2に対する選択比がどのように変化するかについて調べた結果を示す。薄膜(上層膜)3の薄膜(下層膜)2に対する選択比は6.15であった。 $\text{CHF}_3$ 濃度が高くなるにつれて、薄膜(上層膜)3の薄膜(下層膜)2に対する選択比は上昇し、位相差の面内バラツキを抑制する効果が高まる。

【0027】薄膜(下層膜)2のドライエッチングは、RIE方式にて行い、エッチング条件は下記の通りである。

エッチングガス： $\text{BCl}_3$

圧力：20Pa

印加電力：100W

図5に、エッチングガスとして $\text{BCl}_3$ ガスを用い、印加電力：100Wの条件にてドライエッチングした時の $\text{BCl}_3$ ガス圧力と、薄膜(下層膜)2及びガラス基板1のエッチング速度及び薄膜(下層膜)2のガラス基板1に対する選択比がどのように変化するかについて調べた結果を示す。薄膜(下層膜)2のガラス基板1に対する選択比は11.9であった。また、エッチング圧力が高いほどガラス基板1のエッチング速度は小さくなるため、エッチング圧力の高圧化にともない薄膜(下層膜)2のガラス基板1に対する選択比は上昇する傾向にある。従って、薄膜(下層膜)2のエッチングにおいては、エッチング圧力の高圧化により、位相差制御性が一層向上する。また、本実施例に示した条件にて薄膜(上層膜)3及び薄膜(下層膜)2のエッチングを行った後の、最終的な位相差面内レンジ(PSR)は、1.34°であった。

【0028】＜実施例2＞また、薄膜(下層膜)2をキャリアガスであるアルゴンガスのみの、酸素を含まない雰囲気(Ar流量30SCCM)において、ジリコニウムシリコン化合物ターゲットを用いたスパッタリングにより成膜した。薄膜(下層膜)2を酸素流量0SCCMにて成膜した他は、実施例1と同様にしてハーフトーン型位相シフトマスク用ブランク10を作製した。

【0029】次に、このハーフトーン型位相シフトマスク用ブランク10にレジストパターン5及びクロムパターン4を形成する点も実施例1と同様である。

【0030】次に、このレジストパターン5及びクロム

パターン4をマスクにして、まずフッ素系ガスにて薄膜(上層膜)3を、さらに塩素系ガスにて薄膜(下層膜)2をそれぞれ以下の条件にてドライエッチングした。

尚、このとき比較の為、実施例1にて使用したハーフトーン型位相シフトマスク用ブランク、すなわち薄膜(下層膜)2が、酸素を含む反応性ガス雰囲気中でのスパッタリングにて行う成膜にて形成されたハーフトーン型位相シフトマスク用ブランクにおいても、レジストパターン5及びクロムパターン4をマスクにし、同様のドライエッチングを行った。

【0031】薄膜(上層膜)3のドライエッチングは、RIE方式にて行い、エッチング条件は下記の通りである。

エッチングガス： $\text{C}_2\text{F}_6$ と $\text{CHF}_3$ 混合ガス( $\text{CHF}_3$ 濃度60%)

圧力：7.3Pa

印加電力：300W

上記条件でのドライエッチングを行うにあたり、次の

(A)(B)双方のハーフトーン型位相シフトマスク用ブランクを用いた。

(A)ジリコニウムシリコン化合物ターゲットを用いて、酸素を含む反応性ガス雰囲気中でのスパッタリングにより薄膜(下層膜)2を成膜した実施例1で述べたハーフトーン型位相シフトマスク用ブランク。

(B)ジリコニウムシリコン化合物ターゲットを用いて、アルゴンガスのみの酸素を含まない雰囲気でのスパッタリングにより薄膜(下層膜)2を成膜したハーフトーン型位相シフトマスク用ブランク。

【0032】その結果、 $\text{C}_2\text{F}_6$ と $\text{CHF}_3$ の混合ガスを用いたエッチングにおける薄膜(上層膜)3の薄膜(下層膜)2に対する選択比は、上記(A)のハーフトーン型位相シフトマスク用ブランクを使用した場合、2.41で、上記(B)のハーフトーン型位相シフトマスク用ブランクを使用した場合は、3.82であった。このように $\text{C}_2\text{F}_6$ と $\text{CHF}_3$ の混合ガスを用いたエッチングにおいて、薄膜(下層膜)2を酸素を含まない膜とした場合、薄膜(上層膜)3の薄膜(下層膜)2に対する選択比は上昇し、位相差の面内バラツキを抑制する効果が高まる。更に、実施例1にて示した薄膜(上層膜)3のエッチングは2Paのガス圧にて行われたが、実施例2に示す薄膜(上層膜)3のエッチングは7.3Paという実施例1に比べ高いガス圧にて行われた。このように、薄膜(下層膜)2として酸素を含まない膜とすることで、薄膜(下層膜)2が一層フッ素系のガスでエッチングされ難い膜となる為、通常の高圧領域にてエッチングを行なうことが可能である。

【0033】薄膜(下層膜)2のドライエッチングは、RIE方式にて行い、エッチング条件は下記の通りである。ここでも上記にて示した(A)(B)双方のハーフトーン型位相シフトマスク用ブランクを使用した。

エッチングガス：BCl<sub>3</sub>

圧力：10Pa

印加電力：125W

【0034】その結果、BCl<sub>3</sub>ガスを用いたエッチングにおける薄膜（下層膜）2のガラス基板1に対する選択比は、（A）のハーフトーン型位相シフトマスク用ブランク使用の場合3.13で、（B）のハーフトーン型位相シフトマスク用ブランクを使用した場合は5.84であった。このようにBCl<sub>3</sub>ガスを用いたエッチングにおいて、薄膜（下層膜）2を酸素を含まない膜とした場合、薄膜（下層膜）2のガラス基板1に対する選択比は上昇し、位相差制御性が向上する。更に、実施例1にて示した薄膜（下層膜）2のエッチングは20Paのガス圧にて行われたが、実施例2に示す薄膜（下層膜）2のエッチングは10Paという実施例1に比べ低いガス圧にて行われた。このように、薄膜（下層膜）2として酸素を含まない膜とすることで、薄膜（下層膜）2が一層塩素系のガスでエッチングされやすい膜となる為、通常のガス圧領域にてエッチングを行なうことが可能である。また、実施例2において示した条件にて薄膜（上層膜）3及び薄膜（下層膜）2のエッチングを行った後の、最終的な位相差面内レンジPSRは、（A）のハーフトーン型位相シフトマスク用ブランクを使用した場合2.69°、（B）のハーフトーン型位相シフトマスク用ブランクを使用した場合0.88°であった。このように、S1、S2ともに高い値が得られる（B）のハーフトーン型位相シフトマスク用ブランクの構造を採用することで、最終的な位相差面内レンジを更に改善できる。

【0035】

【発明の効果】本発明のハーフトーン型位相シフトマスク用ブランクを使用してハーフトーン型位相シフトマスクを作製する際、ドライエッチング時の導入ガスを適宜選定することにより、薄膜（上層膜）及び薄膜（下層膜）のパターニングを精度良く行うことができ、薄膜（下層膜）エッチング時の終点制御が容易になり、位相差の精度を向上させることができる。本発明のハーフトーン型位相シフトマスクの位相差のバラツキは、ほとんど薄膜（下層膜）の膜厚分布のみに依存するようになり、薄膜（下層膜）の膜厚分布バラツキの少ないハーフ

10

20

30

40

ーフトーン型位相シフトマスクの位相差精度が飛躍的に向上する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のハーフトーン型位相シフトマスク用ブランクの一実施例の構成を示す模式断面図である。

【図2】本発明のハーフトーン型位相シフトマスクの一実施例の構成を示す模式断面図である。

【図3】（a）～（e）は、本発明のハーフトーン型位相シフトマスクの製造工程を工程順に示す構成模式断面図である。

【図4】本発明実施例1のハーフトーン型位相シフトマスク用ブランクを用いて薄膜（上層膜）をCF<sub>4</sub>とCHF<sub>3</sub>の混合ガスを用いてエッチングした時の、混合ガス比率と薄膜（上層膜）及び薄膜（下層膜）のエッチング速度、薄膜（上層膜）の薄膜（下層膜）に対する選択比の変化を示す説明図である。

【図5】本発明実施例1のハーフトーン型位相シフトマスク用ブランクを用いて薄膜（下層膜）をBCl<sub>3</sub>ガスを用いてエッチングした時の、BCl<sub>3</sub>ガス圧力と薄膜（下層膜）及びガラス基板のエッチング速度、薄膜（下層膜）のガラス基板に対する選択比の変化を示す説明図である。

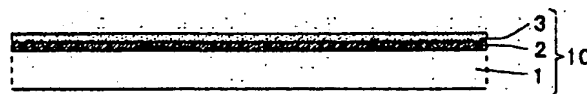
【図6】（a）及び（b）は、位相差面内レンジ（PSR）計算方法に関する説明図である。

【図7】実施例2の条件にて（B）の構造のハーフトーン型位相シフトマスク用ブランクを用いたドライエッチング後の位相差面内レンジを計算により求めた結果を示す説明図である。計算は、λ=1930Å、R1=1.1、R2=1.2、dt=720Å、da=265Å、nq=1.56とした。

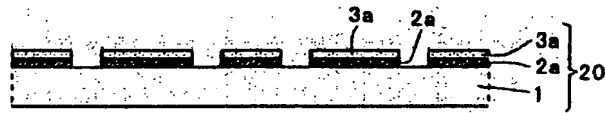
【符号の説明】

- 1……ガラス基板
- 2……薄膜（下層膜）
- 2a……薄膜（下層膜）パターン
- 3……薄膜（上層膜）
- 3a……薄膜（上層膜）パターン
- 4……クロムパターン
- 5……レジストパターン
- 10……ハーフトーン型位相シフトマスク用ブランク
- 20……ハーフトーン型位相シフトマスク

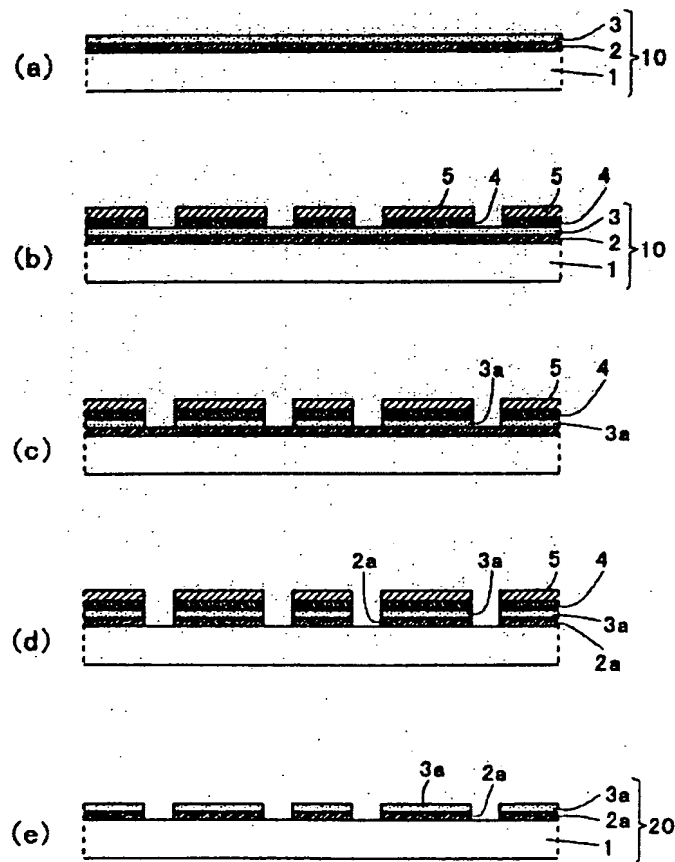
【図1】



【図2】

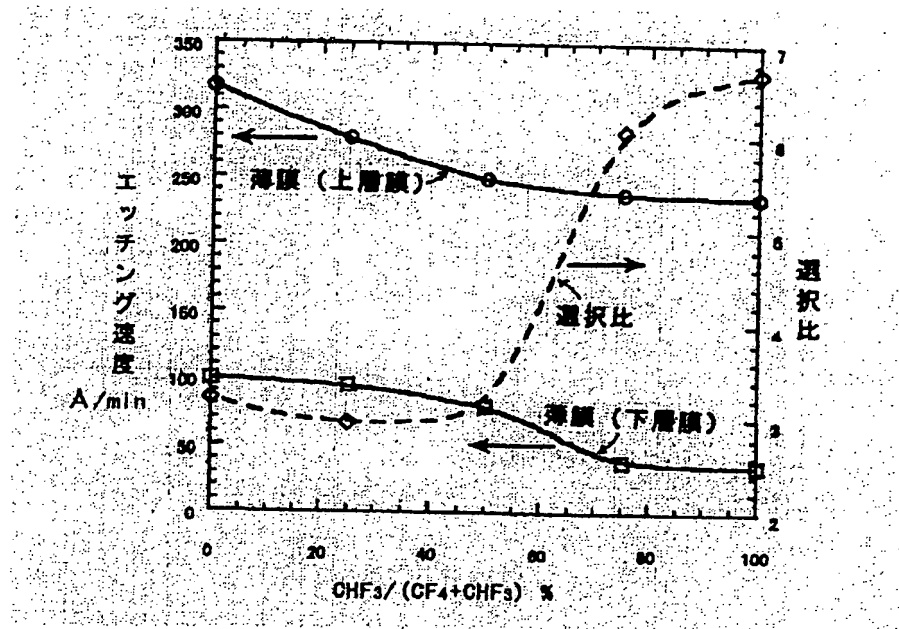


【図3】

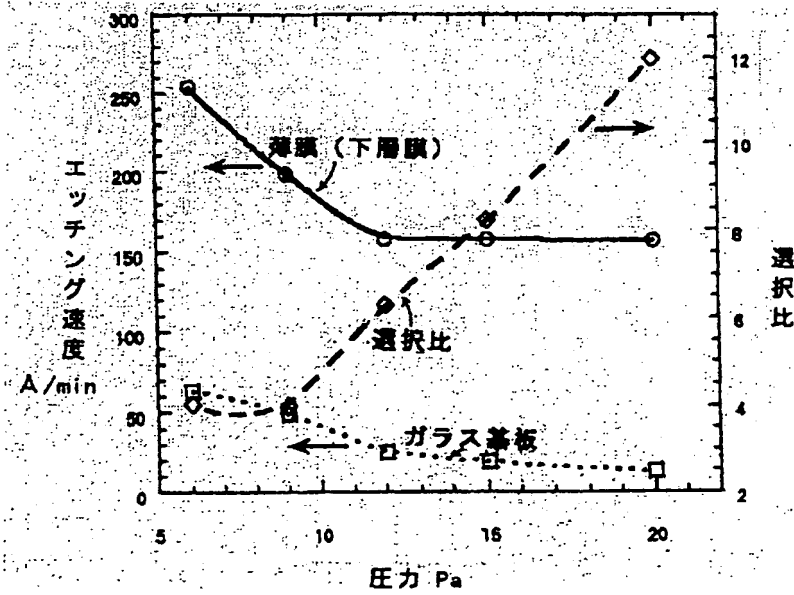




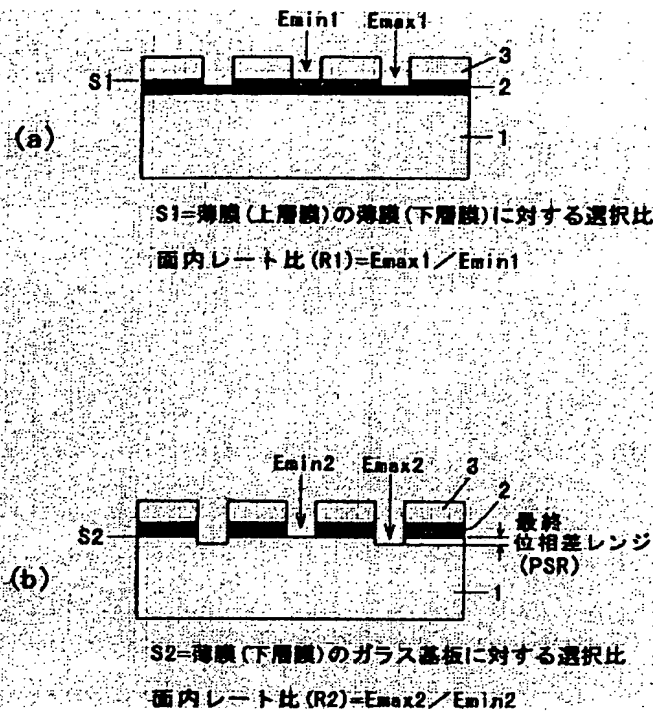
【図4】



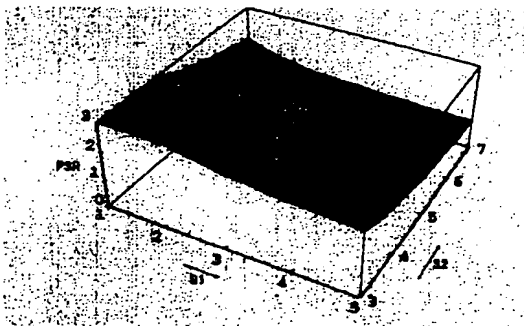
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 原口 崇  
東京都台東区台東1丁目5番1号 凸版印  
刷株式会社内

(72)発明者 山崎 司  
東京都台東区台東1丁目5番1号 凸版印  
刷株式会社内

Fターム(参考) 2H095 BA01 BB03 BB16